



Aktuelles zu Betonstrassen und zur Verkehrsinfrastruktur

# update 3/12

## Instandsetzungsarbeiten Flugfelder auf dem Flughafen Zürich

Flugpassagiere in Zürich können schon kurz nach dem Abheben das imposante Alpenpanorama bestaunen – aber nicht nur das. Auch die Instandsetzungsarbeiten sind einzigartig. Sie werden bei laufendem Flugbetrieb und meistens nachts ausgeführt. Speziell für die Pisten wird während der Nachtflugpause ein Schnellbeton verwendet, der eine Wiedereröffnung am frühen Morgen garantiert.



## Instandsetzungsarbeiten Flugfelder auf dem Flughafen Zürich

Flugpassagiere in Zürich können schon kurz nach dem Abheben das imposante Alpenpanorama bestaunen – aber nicht nur das. Auch die Instandsetzungsarbeiten sind einzigartig. Sie werden bei laufendem Flugbetrieb und meistens nachts ausgeführt. Speziell für die Pisten wird während der Nachtflugpause ein Schnellbeton verwendet, der eine Wiedereröffnung am frühen Morgen garantiert.

### Zürich Flughafen: Baugeschichte

Der Flugverkehr nimmt ständig zu und die Standplätze für Flugzeuge brauchen immer mehr Fläche. Das macht es zunehmend schwieriger, Teilflächen für Instandhaltungs- und Erneuerungsarbeiten temporär ausser Betrieb zu nehmen. Deshalb kommt qualitativ hochwertigen und verformungsstabilen Oberbauten eine hohe Bedeutung zu, deren Nutzungsdauer mindestens 30 Jahre beträgt – bei vertretbaren Erstellungskosten.

Die beiden Anforderungen hohe Verformungsstabilität (der Flughafen Zürich liegt in einem ehemaligen Sumpfgebiet) und geringe Unterhaltskosten führten bereits bei der ersten Ausbautetappe des Flughafens in den Jahren 1946–1949 zu einem rund 80 cm dicken Oberbau, davon rund 30 cm Betondecke auf einer Tragschicht aus gewaschenem Kies. Einige dieser Flugbetriebsflächen sind bis heute in Betrieb.

Die Ausbautetappe in den Siebzigerjahren trug den rasant zunehmenden Flugzeug- und Radlasten (z.B. B747, Jumbo-Jet) Rechnung: Bei gleicher Oberbau- und Belagsstärke wurde die Kies-schicht durch eine zementstabilisierte Foundation ersetzt. Dieser vollgebundene Oberbau mit unbe-wehrter Betondecke hat sich – trotz höheren Lasteinwirkungen als prognostiziert – seit über 35 Jahren bestens bewährt.



Dank der hohen Tragfähigkeit des Unterbaus (u.a.  $M_E$ -Wert<sup>1</sup> > 15 MN/m<sup>2</sup>, einst lokal verbessert durch Baugrundstabilisierung oder Materialersatz) und der stabilisierten Foundation sind die Instandsetzungen der über 30 Jahre alten Flugbetriebsflächen heute wesentlich einfacher zu realisieren: Statt eines kompletten Oberbauersatzes kann bei Pisten- und Vorfeldsanierungen eine Belagserneuerung durchgeführt werden.

In den Neunzigerjahren wurde der Oberbau weiterentwickelt: Durch die Verbesserung und Nutzung des Verbundes zwischen den Oberbauschichten sowie eine Erhöhung der geforderten Biegezugfestigkeit des Deckenbetons konnte – ohne Kostensteigerung – eine insgesamt nochmals grössere Oberbautragfähigkeit erzielt werden. Zudem wurden die natürlichen Kiesressourcen mit der Verwendung von Recyclingmaterial für die Foundation geschont. Auf die weiter ansteigenden Rad- und Fahrwerkslasten (z.B. A380, B777) wurde im Flughafen Zürich zudem mit einer Verstärkung der Betondecke von 30 auf 35 cm reagiert. Die Verkleinerung der Plattengrösse auf 6×6 m reduzierte weiter die ungünstigen thermischen und hygrischen Einflüsse auf die Betondecke und verbesserte die Lastverteilung über die Plattenfugen.

Dieses bewährte Oberbaukonzept fand auch in der fünften Bauetappe in den Jahren 1999–2002 Anwendung. Entsprechend den damaligen Nutzungsvorgaben – Flugzeuglast 650 Tonnen (A380) und der geforderten Anzahl von Lastdurchgängen – wurde die zementstabilisierte Foundation bei Neubauten um 15 auf 65 cm erhöht. Diese deutliche Oberbauverstärkung konnte mit geringen Mehrkosten realisiert werden. In Bereichen mit seltenen Lasteinwirkungen, z.B. an den Rollwegrändern, wurde ein kostengünstigerer Oberbau mit reduzierter Tragfähigkeit eingesetzt.

Aufgrund der guten Erfahrungen wird dieses Oberbaukonzept seither bei Instandsetzungen und Neubauprojekten konsequent angewendet. Je nach Nutzungsvorgaben und Baugrund kann die Fundationsdicke projektspezifisch angepasst werden. Aus Qualitätsgründen werden,



Abbrucharbeiten des bestehenden Betons



Fräsen der zementstabilisierten Foundation

<sup>1</sup>  $M_E$ -Wert: Zur Bestimmung der Setzung eines Bodens unter Last kann mittels eines  $M_E$ -Plattendruckversuches nach Schweizer Norm SN 670317 a das Zusammendrückungsmodul bzw. sein  $M_E$ -Wert ermittelt werden.



**Maschinelles Betoneinbau mit Gleitschalungsfertiger**

wenn immer möglich, flächige Sanierungs- oder Neubaubereiche ausgeschieden, die einen maschinellen Einbau mit Gleitschalungsfertiger ermöglichen.

Die hohen Anforderungen an Deckenbeton (Biegezugfestigkeit, Beständigkeit, Frühstandfestigkeit etc.), klimatische Einflüsse, der Termindruck und die flugbetrieblichen Randbedingungen setzen erfahrene Planer, Bauleiter und Unternehmer voraus. Je nach Projekt und Anforderungen aus dem Flugbetrieb muss der übliche Deckenbeton durch einen schnellerhärtenden (frühhochfesten) Spezialbeton ersetzt werden, damit die auszubessernde Fläche unmittelbar nach einer meist nächtlichen Instandsetzung wieder berollt werden kann. Dabei muss jedoch eine gegenüber dem normalen Deckenbeton geringere Nutzungsdauer in Kauf genommen werden.

### **Instandsetzungsarbeiten Vorfelder und Standplätze**

Seit 2002 werden jährlich 15 000 m<sup>2</sup> Flugbetriebsfläche instandgesetzt. Die zu erstellenden Flächen werden nach Möglichkeit immer in zusammenhängenden Bereichen ausgeführt. Gemäss Masterplan des Flughafens Zürich werden zuerst die Flä-

chen mit den meisten Schadstellen ausgesucht. Gerissene Platten, abgelöste Oberflächen oder Kantenabbrüche an einzelnen Platten werden dann komplett ersetzt.

Jeweils im Frühjahr (März/April) beginnen die Arbeiten. Bei Standplätzen oder Vorfeldrollwegen werden die zu reparierenden Flächen für den Flugbetrieb gesperrt. Die Flugzeuge umrollen diese Baubereiche von zirka 300×50 m, damit die Bauarbeiten effizient in einer Etappe ausgeführt werden können. Der Betonabbruch erfolgt mittels Hydraulikbaggern und Abbauhämmern. Der zurückgewonnene Beton wird gebrochen, in Fragmente aufgeteilt und in der Region des Flughafens als Recyclingbeton oder als zementstabilisierte Fundamentalschicht weiterverwendet.

Der vorhandene Untergrund (meist zementstabilisierte Fundamentalschicht, zementgebundene Kiesstragschicht) wird mittels Reflexionsmessungen untersucht und allenfalls bei Nichterreichen der Anforderungen lokal ersetzt. Um den gleichen Aufbau wie aus der fünften Bauetappe (1999–2002)

zu erreichen, wird die Oberfläche der zementstabilisierten Fundamentalschicht mittels Grossfräsen aufgeraut. Der Beton wird in einer Dicke von mindestens 35 cm maschinell eingebaut. Die Platten sind unbewehrt und bei den kraftübertragenden Fugen zusätzlich verdübelt. Nur zu den angrenzenden Flächen hin werden die Fugen mit einer provisorischen 10 mm starken Hartschaumstoffeinlage (AIREX) versehen, um den Abbruchvorgang bei der nachfolgenden Sanierungsetappe zu erleichtern. Diese Fuge trennt ebenfalls das alte, nicht verbundene System vom neuen Verbundsystem (Fundamentalschicht/Beton). Für den einschichtigen Einbau der Betonfläche werden Gleitschalungsfertiger mit einer Einbaubreite von sechs Metern eingesetzt. Die Tagesleistungen liegen zwischen 1 500 und 2 000 m<sup>2</sup>. Die Anforderungen an den frosttaumittelbeständigen Beton sind:

- Minimale Würfeldruckfestigkeit nach 28 Tagen: 45 N/mm<sup>2</sup>
- Minimale Biegezugfestigkeit nach 28 Tagen: 6,0 N/mm<sup>2</sup>



Maschineller Betoneinbau mit Gleitschalungsfertiger



Die Nachbehandlung wird zweistufig ausgeführt. Im ersten Schritt wird ein flüssiges Nachbehandlungsmittel (Curing compound) aufgesprüht, damit keine Fröhschwindrisse entstehen. Nach ungefähr sechs Stunden werden dann die ganzen Flächen mit Thermomatten abgedeckt und diese sieben Tage belassen. Die Fugarbeiten folgen nach zirka drei Wochen. Eine Instandsetzungsetappe dauert im Normalfall drei Monate. Für den Flughafen Zürich ist das der optimale Zeitrahmen, denn so können vor dem grossen Ferienflugverkehr alle Flächen wieder genutzt werden.

### Instandsetzungsarbeiten Flugpisten

Der Flughafen Zürich hat drei Start- und Landebahnen, die in einem Dreieck angeordnet sind. Durch die verschiedenen Anflugszenarien benötigt der Flugbetrieb alle drei Pisten. Aus diesem Grund können Instandsetzungsarbeiten an den Pisten nur in der Nacht ausgeführt werden. Seit über 20 Jahren werden einzelne Kleinflächen mit schnell erhärtendem Beton erneuert. Vor rund 10 Jahren begann man mit dem Ersatz ganzer Platten. Heute werden pro Nacht bis zu sechs Platten ( $6 \times 6 \times 0,37$  m) ersetzt. Pro Jahr werden in den Sommermonaten zirka  $1\,200\text{ m}^3$  Schnellbeton verbaut, was einer Anzahl von bis zu 100 Einzelplatten entspricht. Der Schnellbeton benötigt eine Mindest-Frischbeton-Temperatur von  $21^\circ$  Celsius, damit eine Frühfestigkeit von  $20\text{ N/mm}^2$  innerhalb 150 Minuten erreicht wird. Daher können diese Arbeiten nur in den Sommermonaten ausgeführt werden. Nach 24 Stunden erreicht der Beton eine Druckfestigkeit von zirka  $55\text{ N/mm}^2$  und eine Biegezugfestigkeit von  $5,5\text{ N/mm}^2$ . Der Plattenersatz wird im Bereich der Hauptbelastungen (Pistenmitte) der Flugzeuge ausgeführt.



Abbruch während der Nachtpausen auf der Piste



Verlegte Bewehrung für den Schnellbeton



Einbau Schnellbeton (Frühfestigkeit nach 2,5 Stunden:  $20\text{ N/mm}^2$ )

## Die Ausführung

- Pistensperrung um 23.30 Uhr
- Doppeltiefschnitt (Vornacht)
- Aufbruch des zu ersetzenden Betons mittels Abbauhammer
- Reinigung der Fundations-Oberfläche
- Verlegen einer unteren Netzbewehrung (8 kg/m<sup>2</sup>)
- Bohren und Versetzen der Dübel (d=32 mm, L=600 mm, in bestehenden Beton geklebt)
- Verlegen einer oberen Netzarmierung (8 kg/m<sup>2</sup>)
- Einbringen des schnell erhärtenden Betons
- Besenstrich und Aufsprühen eines Nachbehandlungsmittels (Curing)
- Abdecken mit Thermomatten für 60 Minuten
- Reinigungsarbeiten und Festigkeitsprüfung
- Pistenfreigabe um 5.30 Uhr

Um die Leistung von 80 m<sup>3</sup> schnell erhärtendem Beton pro Nacht zu erreichen, sind ein riesiger Maschinenpark (Inventarwert 2,5 Mio. Schweizer Franken bzw. 2,0 Mio. Euro) und 20 Mitarbeiter nötig, die auf die Herstellung und Verarbeitung von schnell erhärtendem Beton spezialisiert sind.

## Logistik Beton

Der Beton wird in einem Betonwerk in Flughafen-nähe produziert. Ab der Wasserbeigabe in den Betonmischer ist der Beton noch 60 Minuten bearbeitbar. Daher muss der Abruf der Mischfreigabe des Betons exakt mit dem draussen ablaufenden Prozess abgestimmt sein. Die Verantwortung dafür trägt der Bauführer. Nach weiteren 90 Minuten muss der Beton eine Druckfestigkeit von mindestens 20 N/mm<sup>2</sup> aufweisen. Falls diese Werte nicht erreicht werden, wird sofort ein Notfallszenario ausgelöst (Ausbruch des neu eingebauten Betons und Einbau einer Schwarzbelagsplombe).

Mit diesem System kann der Flughafen Zürich die Lebensdauer einer Landepiste um zirka 15 Jahre verlängern. Nach den vorliegenden Erfahrungen hat sich diese Methode ausgezeichnet bewährt.



Flughafen Zürich von oben

Nach zirka 50 Jahren Nutzung wird dann eine Landebahn total instandgesetzt. Der Flughafen Zürich hat sich aufgrund gegebener Umstände (Flugbetrieb hat über alles Vorrang) für ein Schwarzbelagskonzept entschieden. Die Nord-Süd-Landebahn wurde daher 2008 auf einer Breite von 23m mit einem Asphaltbelag ersetzt. Das «schwarze System» wurde gewählt, da pro Saison statt zirka 3 500 m<sup>2</sup> (schnell erhärtender Beton) nun 80 000 m<sup>2</sup> in Schwarz ersetzt werden können.

## Schlussfolgerungen

Die seit vielen Jahren eingesetzten Instandsetzungsverfahren haben sich im Flughafen Zürich ausgezeichnet bewährt. Sie ermöglichen eine bestmögliche Bewirtschaftung der vorhandenen Flugbetriebsflächen. Die Vorfeldinstandhaltung in Etappen ist in einem Masterplan verankert und sichert dem Flughafen Zürich die Zukunft des Flugbetriebes mit minimalen Einschränkungen. Die Anlagen können so laufend über die nächsten fünfzig Jahre instand gehalten werden. Mit dem System schnell erhärtender Beton für die Flugpisten konnten grosse Investitionen um Jahre verschoben werden und geben daher dem Bauherrn die zusätzliche Flexibilität bei der Investitionsplanung.



Gruppe  
Betonmarketing  
Österreich

Für weiterführende Informationen steht  
Ihnen die Gruppe Betonmarketing Österreich  
jederzeit zur Verfügung

[www.betonmarketing.at](http://www.betonmarketing.at)



Vereinigung der Österreichischen  
Zementindustrie  
Reisnerstraße 53  
A-1030 Wien  
Tel. +43 (0)1 714 66 81-0



Verband Österreichischer  
Beton- und Fertigwerke  
Kinderspitalgasse 1  
A-1090 Wien  
Tel. +43 (0)1 403 48 00



Güterverband  
Transportbeton  
Wiedner Hauptstraße 63  
A-1045 Wien  
Tel. +43 (0)5 90 900-4882



Forum  
Betonzusatzmittel  
Wiedner Hauptstraße 63  
A-1045 Wien  
Tel. +43 (0)5 90 900-3749

Vertrieb durch  
**BETONSUISSE**

BETONSUISSE Marketing AG  
Marktgasse 53, CH-3011 Bern  
Telefon +41 (0)31 327 97 87, Fax +41 (0)31 327 97 70  
[info@betonsuisse.ch](mailto:info@betonsuisse.ch), [www.betonsuisse.ch](http://www.betonsuisse.ch)



VDZ, Verein Deutscher Zementwerke e.V.  
Tannenstraße 2, D-40476 Düsseldorf  
Telefon +49 (0)211 45 78-1, Telefax +49 (0)211 45 78-296  
[info@vdz-online.de](mailto:info@vdz-online.de), [www.vdz-online.de](http://www.vdz-online.de)



Gruppe Betonmarketing Österreich  
Anfragen für den Bereich Betonstraßen an Zement + Beton Handels-  
und Werbeges.m.b.H., Reisnerstraße 53, A-1030 Wien  
Tel. +43 (0) 1 714 66 85-0, [www.zement.at](http://www.zement.at)